

## **KLASIFIKASI DAERAH LONGSOR BERBASIS PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK**

**Putri Nuriskianti, Kusworo Adi dan Tony Yulianto**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*Email: putri@st.fisika.undip.ac.id*

### **ABSTRACT**

*Landslides are natural events that occur due to the ground movement of the earth's surface. The movement influenced by its constituent such as soil type, land use and intensity of rainfall in some place that causes a material such as ground was moving. Research on landslide done based on field surveys. The potential of a region in the category of landslides can be done by mapping parameters - parameters of landslides in the form of a calculation using the image of a network system that has been trained to predict the condition of an area.*

*Image processing is done by segmenting color for any information presented in an image of landslides parameters. The color segmentation results performed labeling process to represent the information in the image. Then the landslides indices obtained from the manual calculation of weighting parameters. The result of the calculation is used as an instructional manual for the neural network. Where the value of the index 1 is the lowest level of landslide or safety category. While the index level 5 is the highest landslide or category of highly vulnerable to landslides. To process the data from the manual calculation in artificial neural network using backpropagation algorithm.*

*The research data was training data and testing of tissue obtained from the manual calculation of weighting parameters landslides. Network training successfully conducted with a total accuration (index normal manual landslides and landslide index network) of 100% and accuration of test results 91,2% network. In the training data used 96 samples of data and test data as much as 34 data.*

**Keywords:** *Landslide index, color segmentation, artificial neural network.*

### **ABSTRAK**

*Bencana longsor merupakan kejadian alam yang terjadi diakibatkan dari pergerakan tanah di permukaan bumi. Pergerakan tersebut dipengaruhi oleh penyusunnya seperti jenis tanah, penggunaan lahan dan intensitas hujan disuatu tempat yang menyebabkan suatu material seperti tanah bergerak. Penelitian mengenai longsor banyak dilakukan berdasarkan survei lapangan. Potensi suatu daerah dalam kategori longsor dapat dilakukan dengan cara memetakan parameter – parameter perhitungan longsor dalam bentuk suatu citra menggunakan suatu sistem jaringan yang telah dilatih untuk meramalkan kondisi suatu daerah.*

*Pengolahan citra dilakukan dengan mensegmentasi warna untuk tiap informasi yang ada dalam suatu citra parameter kelongsoran. Hasil segmentasi warna tersebut dilakukan proses labeling untuk mewakili informasi dalam citra. Kemudian diperoleh besar indeks kelongsoran dari hasil perhitungan manual bobot parameter. Hasil perhitungan manual digunakan sebagai pembelajaran bagi jaringan syaraf tiruan. Dimana nilai indeks 1 tingkat kelongsoran terendah atau dalam kategori aman. Sedangkan indeks 5 tingkat kelongsoran tertinggi atau kategori sangat rawan longsor. Untuk mengolah data hasil perhitungan manual tersebut dalam jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma propagasi balik.*

*Data penelitian adalah data pelatihan dan pengujian jaringan yang diperoleh dari hasil perhitungan manual bobot parameter longsor. Pelatihan jaringan berhasil dilakukan dengan akurasi total (indeks longsor manual normal dan indeks longsor jaringan) 100 % dan akurasi untuk hasil pengujian jaringan 91,2 %. Pada data pelatihan digunakan 96 sampel data dan data pengujian sebanyak 34 data.*

**Kata kunci:** *Indeks longsor, segmentasi warna, jaringan syaraf tiruan.*

### **PENDAHULUAN**

Kejadian longsor sering terjadi di wilayah Indonesia khususnya Wilayah Jawa Tengah berdasarkan informasi statistik dari

Badan Penanggulangan Bencana Daerah. Informasi yang disajikan merupakan perhitungan banyaknya daerah yang terancam longsor berdasarkan tingkat kecamatan di tiap kabupaten. Data informasi berdasarkan data

statistik Badan Penanggulangan Bencana Daerah tahun 2013, sampel dapat dilihat dari kabupaten Banjarnegara yang memiliki prediksi daerah terancam longsor sebanyak 20 kecamatan dan kabupaten Semarang sebanyak 16 kecamatan. Pada tahun 2014, terdapat beberapa kejadian longsor khususnya daerah Jawa Tengah seperti pada bulan Desember di wilayah Kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Karanganyar [1].

Penelitian tentang longsor sebelumnya pernah diteliti oleh Ardian tahun 2011 dan Catur tahun 2012. Pada penelitian tersebut menggunakan parameter ketinggian, kelerengan, jenis tanah, guna lahan, dan curah hujan untuk menentukan kriteria longsor pada suatu daerah secara manual pada kawasan tertentu saja. Penelitian terkait longsor dengan metode pengolahan citra kemudian dikembangkan dengan menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan yang dikerjakan oleh Biswajeet tahun 2009 dengan parameter kelongsoran yang sama dengan penelitian Bagus dan Cahyono. Penelitian yang dilakukan oleh Biswajeet ini mampu menghasilkan prediksi kelongsoran secara otomatis menggunakan jaringan syaraf tiruan, namun hasil yang diperoleh masih dengan lokasi penelitian di daerah tertentu saja.

Permasalahan dari penelitian sebelumnya tersebut dapat dikaji ulang dalam penelitian ini menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan mengolah informasi data citra untuk mengidentifikasi kelongsoran suatu wilayah. Pengolahan citra yang diterapkan menggunakan segmentasi warna dan *labeling*. Suatu wilayah dapat dikatakan longsor menggunakan pengolahan citra dengan mengembangkan algoritma pada suatu perangkat lunak pengolah data berdasarkan parameter yang dipilih melalui sistem bobot. Jaringan syaraf tiruan yang digunakan untuk peramalan suatu wilayah kedalam suatu kategori indeks kebencanaan yaitu dengan propagasi balik. Penelitian menggunakan jaringan syaraf tiruan propagasi balik ini memiliki kelebihan dalam pengidentifikasian

kelongsoran dimana dapat dilakukan otomatis. Selain itu, data pengujian dapat dilakukan untuk banyak wilayah yang memiliki kesamaan data untuk parameter kelongsoran yang dimiliki. Penelitian semacam ini dapat memudahkan penelitian yang dilakukan tentang longsor yang dilakukan secara manual oleh peneliti sebelumnya.

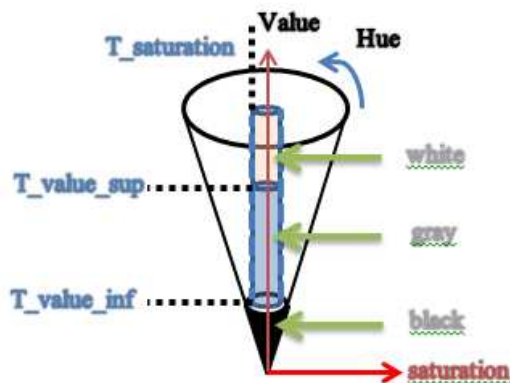
## DASAR TEORI

Tanah longsor yaitu perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan tanah, atau material campuran tersebut, yang bergerak kebawah atau keluar lereng akibat gangguan kestabilan lereng. Gangguan kestabilan tersebut dapat dikontrol oleh kondisi morfologi (terutama kemiringan lereng), kondisi batuan atau tanah penyusun lereng, dan kondisi tata guna lahan yang berada diatas lapisan tanah tersebut[2].

Penelitian untuk mengidentifikasi longsor dapat dilakukan dengan mengolah informasi yang terdapat dalam citra. Citra yakni sebagai fungsi dua dimensi dengan menggunakan koordinat  $x$  dan  $y$  sebagai koordinat spasial, dan amplitudo dari  $f$  pada setiap pasangan koordinat  $(x,y)$  yang dikenal sebagai derajat keabuan dari suatu citra pada titik tersebut. Prinsip aplikasi pengolahan citra digital yaitu untuk meningkatkan informasi untuk interpretasi manusia, penyimpanan, transmisi dan representasi dari suatu peralatan persepsi atau yang menghasilkan tanggapan maupun informasi. Citra digital memiliki sejumlah elemen tertentu yang setiap elemennya mempunyai lokasi dan nilai tertentu[3].

Pengolahan citra dapat dilakukan dengan segmentasi ruang warna dan proses *labeling*. Proses segmentasi warna yang digunakan menggunakan tuang warna HSV (*Hue, Saturation dan Value*) yang mempertimbangkan akromatik warna (Amante dan Forsee,)[4]. *Hue* adalah ukuran panjang gelombang yang menunjukkan warna dominan

yang diterima oleh pengelihatian sedangkan *saturation* adalah banyaknya nilai cahaya putih yang bercampur dengan *hue*[5].

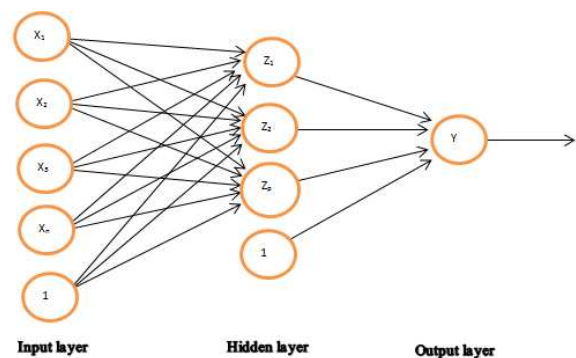


**Gambar 1.** Tiga warna akromatik (*black*, *gray* dan *white*) pada sebaran warna HSV [4]

Pengklasifikasian citra yang pernah dilakukan yaitu dengan menggunakan beberapa parameter kelerengan, jenis tanah, guna lahan, dan curah hujan dalam mengidentifikasi daerah rawan longsor[6]. Parameter tersebut dimasukkan kedalam jaringan syaraf tiruan untuk menentukan nilai kelongsoran suatu wilayah secara otomatis. Jaringan syaraf tiruan adalah suatu mekanisme komputasi yang mampu memperoleh, mewakili, dan menghitung pemetaan dari suatu ruang dengan banyak varian informasi yang lain, dan diberi satu set data yang mewakili pemetaan itu untuk memprediksi output dari input yang sebelumnya belum terlihat[7].

JST dilatih untuk dapat memetakan sekumpulan sampel input-output dengan akurasi yang tinggi. Pada pengklasifikasian suatu daerah yang dapat dikatakan longsor berdasarkan data referensi yang telah diperoleh, pembelajaran menggunakan terawasi[8]. Pelatihan tersebut menggunakan pembelajaran terawasi. Pelatihan pembelajaran terawasi memiliki data masukan yang akan dilatih jaringan merupakan pasangan input dan

target, hingga diperoleh bobot yang diinginkan. Jaringan yang dapat digunakan dalam pembelajaran terawasi salah satunya yaitu dengan menggunakan propagasi balik[9]. Algoritma tersebut merupakan jaringan syaraf berlapis yang terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Proses yang terjadi dalam lapisan tersebut dengan memasukan input dan mengalikannya dengan bobot yang sesuai, menggunakan fungsi transfer nonlinier[7].



**Gambar 2.** Arsitektur jaringan syaraf tiruan propagasi balik dengan satu lapisan tersembunyi dan satu output [9]

Pada input  $x_j$  untuk fungsi aktivasi dari suatu masukan yang dikalikan dengan suatu penimbang (bobot sinapsis)  $w_{kj}$  dan kemudian dilakukan penjumlahan dari semua masukan yang telah dibobot tadi. Hasil penjumlahan tersebut disebut *linear combiner*  $u_k$ . Secara matematis untuk sebuah neuron  $k$  dapat dituliskan dalam persamaan (1)

$$u_k = \sum_{j=1}^p w_{kj} \cdot x_j \quad (1)$$

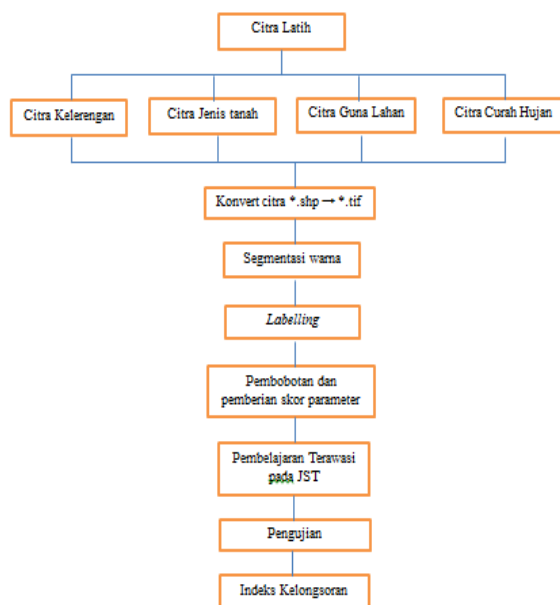
dan

$$y_k = \varphi(u_k - \theta_k) \quad (2)$$

dengan  $y_k$  adalah sinyal output dari neuron dan  $\theta_k$  adalah nilai threshold. Penggunaan *threshold* memberikan pengaruh adanya *affine transformation* terhadap output  $u_k$  dari *linear combiner*[8].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan proses pengolahan data untuk mendapatkan informasi dari citra parameter yang digunakan. Pengolahan tersebut yaitu segmentasi warna dengan ruang warna HSV kemudian dilakukan proses *labeling* dan pemberian skor parameter. Parameter yang digunakan yaitu kelerengan, jenis tanah, tata guna lahan dan curah hujan. Data penelitian yang dijadikan data latih sebanyak 96 kecamatan dan 34 kecamatan sebagai data uji.



**Gambar 3.** Diagram proses identifikasi suatu citra untuk klasifikasi

Pemberian skor pada tiap parameter dilihat pada Tabel 1, 2, 3 dan 4.

**Tabel 1.** Parameter lereng [10]

No	Nilai Lereng (%)	Skor
1	0-8	1
2	8-15	2
3	15-25	3
4	25-40	4
5	>40	5

**Tabel 2.** Parameter jenis tanah [10]

No	Jenis Tanah	Skor
1	Alluial, Podsolik	1
2	Mediteran, Regosol	2
3	Andosol, Latosol	3
4	Litosol	4
5	Grumosol	5

**Tabel 3.** Parameter penggunaan lahan [11]

No	Jenis Lahan	Skor
1	Sungai, Danau, Waduk	1
2	Hutan	2
3	Kebun, Perkebunan	3
4	Pemukiman, Sawah	4
5	Lahan Terbuka	5

**Tabel 4.** Parameter curah hujan [10]

No	Curah Hujan	Skor
1	<1000 mm/thn	1
2	1000-1500 mm/thn	2
3	1500-2000 mm/thn	3
4	2000-2500 mm/thn	4
5	>2500 mm/thn	5

Dari skor parameter dapat diperoleh nilai indeks kelongsoran dengan menggunakan metode rangking bobot parameter. Nilai indeks kelongsoran didapatkan dengan perumusan pada persamaan (3) merupakan jumlah total seluruh parameter.

$$H = (0,4 * A) + (0,3 * B) + (0,2 * C) + (0,1 * D) \quad (3)$$
 dengan H adalah indeks kelongsoran atau hasil nilai bobot dari keempat parameter tersebut, A adalah besar kelerengan, B adalah jenis tanah, C tata guna lahan di daerah tersebut, dan D merupakan curah hujan per tahun. Berdasarkan persamaan (3) indeks kelongsoran dibagi kedalam 5 (lima) tingkat kelongsoran pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Indeks kelongsoran

Skor indeks	Tingkat Kelongsoran	Keterangan
1	Aman	Skor parameter pada daerah tersebut banyak yang memiliki nilai yang kecil, sehingga tempat tersebut dikatakan aman. Biasanya kelerengan daerah kurang dari 8%.
2	Relatif aman	Skor parameter tidak semua bernilai kecil, ada sebagian yang bernilai besar namun parameter tersebut tidak berpengaruh besar terhadap longsor.
3	Sedang	Skor parameter yang bernilai kecil dan besar seimbang, dilihat dari segi pengaruhnya terhadap longsor dan besarnya skor parameter.
4	Rawan Longsor	Skor parameter besar dan banyak terletak pada parameter yang mempengaruhi terjadinya longsor.
5	Sangat rawan longsor	Skor parameter memiliki nilai yang besar disetiap parameternya. Memiliki kelerengan diatas 40%.

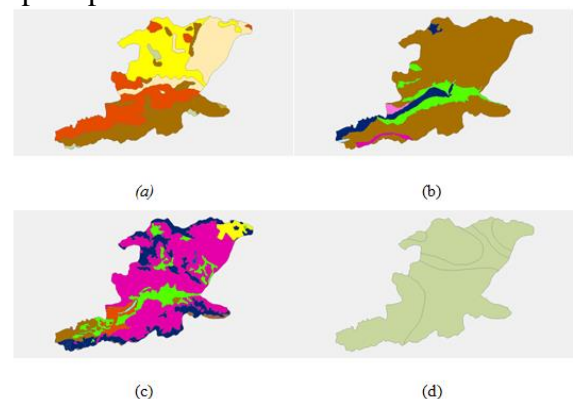
Kemudian skor parameter dan indeks kelongsoran dari 96 kecamatan dijadikan sebagai data latih dalam jaringan syaraf tiruan propagasi balik. Algoritma yang digunakan dalam jaringan menggunakan *trainidx*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Parameter Kelongsoran

Pengidentifikasian parameter dari data suatu citra dilakukan dengan segmentasi warna. Segmentasi warna pada penelitian ini menggunakan ruang warna HSV. Ruang warna ini memiliki pendeskripsian tiap jenis warna yang luas, sehingga memungkinkan untuk tiap informasi diwakilkan oleh sebuah nilai warna. Persebaran nilai warna yang dimiliki pada data menggunakan sistem warna 8 bit, yaitu bernilai antara 0 hingga 255. Tiap nilai-nilai inilah yang digunakan untuk mendeskripsikan data-data yang terdapat didalam citra. Segmentasi ini akan menghasilkan nilai warna yang akan mewakili suatu informasi yang terdapat dalam citra.

Setelah nilai warna diperoleh maka dilakukan *labeling* untuk memberikan informasi pada aplikasi. Kemudian dilakukan pemberian skor pada informasi suatu wilayah berdasarkan masing-masing parameter. Citra pemetaan untuk tiap parameter memerlukan pendeskripsian dan pemberian identitas masing-masing. Setiap wilayah pun dilakukan segmentasi warna yang sama ditiap parameter. Pada penelitian ini citra pemetaan tiap kabupaten memiliki sebaran warna yang berbeda sesuai dengan informasi yang ada diwilayah tersebut pada setiap parameter seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Citra pemetaan parameter (a) kelerengan; (b) jenis tanah; (c) tataguna lahan; dan (d) curah hujan

Dari hasil informasi yang dihasilkan parameter maka akan dihitung menggunakan metode rangking bobot parameter sehingga dihasilkan nilai indeks kelongsoran. Skor tersebut dimasukkan kedalam pengidentifikasian dalam jaringan sehingga data keluarannya akan dijadikan sebagai data latih pada jaringan syaraf tiruan yang akan dibuat.

### Arsitektur Jaringan

Jaringan syaraf tiruan yang dibuat dengan menggunakan propagasi balik. Pelatihan propagasi balik meminimalkan kesalahan keluaran dari jaringan yang akan dihasilkan. Jaringan tersebut terdiri dari berbagai lapisan yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Proses yang terjadi dalam tiap lapisan dengan memasukkan nilai bobot dengan menggunakan fungsi transfer nonlinier, serta hasil akhir dari jaringan ini menyediakan data referensi untuk memprediksi nilai keluaran dari nilai masukan yang diberikan [7]. Jaringan syaraf tiruan propagasi balik yang dibuat menggunakan variasi lapisan tersembunyi untuk memperoleh jaringan yang optimum. Variasi lapisan tersembunyi yang diteliti yaitu satu jaringan dengan lapisan satu tersembunyi, dua lapisan tersembunyi, dan tiga lapisan tersembunyi.

**Tabel 6.** Pola arsitektur jaringan

Jumlah Lapisan Tersembunyi	Arsitektur Jaringan	Target Error	Iterasi	Waktu (s)	Akurasi Pelatihan	Akurasi Pengujian
1	8 neuron (Lap. ke-1)	0,01	1450	9,3	100%	79,4%
	1 output	0,001	10000	70,2	100%	79,4%
2	10 neuron (Lap. ke-1)	0,01	89	1,1	98,9%	97,1%
	8 neuron (Lap. ke-2) 1 output	0,001	401	3,3	100%	91,2%
3	10 neuron (Lap. ke-1)	0,01	0	0,5	100%	82,3%
	8 neuron (Lap. ke-2) 5 neuron (Lap. ke-3) 1 output	0,001	754	6,4	100%	82,3%

Akurasi pelatihan yang didapat akan menghasilkan nilai tingkat kevalidasian yang lebih tinggi dengan menggunakan banyak lapisan tersembunyi. Hal tersebut dijelaskan bahwa jika semakin banyak lapisan

tersembunyi yang digunakan, maka permasalahan yang kompleks dari suatu input dan target dalam data latih dapat lebih mudah diselesaikan dibanding dengan layar tunggal[9].

### Pelatihan dan Pengujian Jaringan

Identifikasi daerah longsor ini menggunakan jaringan dengan sistem yang memiliki hasil yang optimum. Hasil optimum dapat diketahui dimana nilai bobot terbaik yang menghasilkan nilai target error terkecil dan dengan perulangan jaringan yang tidak banyak untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Jaringan yang terbaik untuk identifikasi permasalahan daerah longsor ini dengan menggunakan dua lapisan tersembunyi. Jaringan optimum yang dipilih kedalam aplikasi yang dibuat dengan dua lapisan tersembunyi dapat dilihat dalam Tabel 6. Oleh karena itu, jaringan dipilih sebagai pemrosesan data latih dan data uji.

Data pelatihan menggunakan 96 sampel kecamatan dari 5 kabupaten yang ada di Jawa Tengah. Daerah yang dijadikan data latih yaitu, kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Batang, Kabupaten Banyumas, Kabupaten Karanganyar, dan Kabupaten Klaten. Pelatihan tersebut akan menghasilkan pola jaringan syaraf tiruan untuk diujikan pada data uji. Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi 34 kecamatan dari 2 kabupaten pengujian yaitu, kabupaten Semarang dan kabupaten Tegal. Hasil pengujian dan perbandingan dengan keluaran yang didapat dari perhitungan nilai indeks kelongsoran secara manual menggunakan metode rangking bobot parameter dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan terdapat beberapa hasil yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan secara manual. Dari hasil tersebut dapat diketahui hasil pengujian menggunakan jaringan yang telah ditetapkan memiliki akurasi sistem dalam pengujian yang dihitung menggunakan perumusan akurasi pada persamaan (4). Akurasi tersebut menunjukkan



tingkat keakuratan keluaran dari hasil pengujian jaringan dibandingkan dengan data lain yang lebih valid. Pada penelitian ini dibandingkan dengan perhitungan indeks kelongsoran secara manual[12].

**Tabel 7.** Hasil analisa fungsi hati pasien

Kabupaten	Kecamatan	manual	Jaringan
Kab. Semarang	Suruh	3	4
	Getasan	4	4
	Pringapus	3	3
	Bawen	3	3
	Susukan	3	3
	Sumowono	2	2
	Tengaran	2	2
	Bringin	3	3
	Tuntang	3	4
	Banyubiru	2	2
	Ungaran	3	3
	Ambarawa	3	3
	Jambu	4	4
	Pabelan	2	2
	Bergas	3	3
	Kaliwungu	2	2
	Bancak	3	3
Kab. Tegal	Dukuhturi	1	1
	Lebaksiu	1	1
	Warureja	1	1
	Kramat	1	1
	Bojong	2	3
	Pangkah	1	1
	Balapulang	2	2
	Dukuhwaru	1	1
	Adiwerna	1	1
	Tarub	1	1
	Slawi	1	1
	Surdadi	1	1
	Pagerbarang	1	1
	Bumijawa	3	3
	Jatinegara	2	2
	Kedungbanteng	3	3
	Margasari	1	1

$$\text{Akurasi}(\%) = \frac{\text{Jumlah data tepat}}{\text{Banyaknya data}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Akurasi}(\%) = \frac{31}{34} \times 100\% = 91,2\%$$

Perhitungan jaringan syaraf tiruan yang dilakukan oleh aplikasi dapat dilihat dengan perhitungan manual jaringan syaraf tiruan menggunakan persamaan (5) dan persamaan sigmoid bipolar (6)

$$v_j(p) = v_0 + \sum_{i=1}^l x_i(p) \cdot w_{ij}(p) \quad (5)$$

$$y_j(p) = \frac{2}{1 + e^{-2v_j(p)}} - 1 \quad (6)$$

Data yang dipilih sebagai sampel perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Sampel perhitungan manual JST

No	Inpu t 1	Inpu t 2	Inpu t 3	Inpu t 4	Targ et
1	3	2	3	5	2

Perhitungan manual jaringan dengan sampel pada Tabel 7 tersebut akan menghasilkan keluaran sebesar 2,0088. Pada jaringan hasi tersebut dilakukan pembulatan angka sehingga memiliki nilai 2.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk melihat potensi longsor disuatu daerah dengan menggunakan citra melalui sistem jaringan syaraf tiruan dapat disimpulkan bahwa:

1. Indeks kelongsoran yang diperoleh memiliki range nilai dari 1 hingga 5. Daerah longsor dengan nilai indeks kelongsoran 1 dapat dilihat di kecamatan Dukuhturi, nilai 2 pada daerah kecamatan Balapulang, dan 3 untuk kecamatan Bumijawa, ketiga kecamatan tersebut terletak di Kabupaten Tegal. Sedangkan nilai indeks tertinggi yang dihasilkan dari daerah yang dijadikan pengujian yaitu 4 terdapat di Kecamatan Jambu dan Getasan pada Kabupaten Semarang.

2. Hasil pemberian *labeling* dan skor pada tiap label ini kemudian dibuat program melalui jaringan syaraf tiruan menggunakan sistem propagasi balik. Jaringan pelatihan terbaik yang dihasilkan memiliki nilai optimum pada target error terkecil sebesar 0,001 dengan iterasi mencapai 401 selama 3,3 sekon. Jaringan syaraf yang dibuat pada program uji tersebut menggunakan arsitektur jaringan dengan dua lapisan tersembunyi dengan satu output dengan hasil akurasi pengujian sebesar 91,2%.

### SARAN

Banyaknya data referensi yang digunakan sebagai sampel citra untuk daerah di seluruh Jawa Tengah hendaknya dapat diperoleh sehingga data pelatihan akan semakin beragam. Selain itu, penelitian ini pada dominasi parameter dapat dikaji lebih lanjut untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat dengan memerlukan data yang lebih banyak.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BPBD, 2014, *Rekapitulasi Data Daerah Rawan Bencana Provinsi Jawa Tengah*, BPBD Jawa Tengah, Semarang.
- [2]. Catur, U., Fahrudin dan Suwarsono, 2012, *Pemetaan Indeks Resiko Gerakan Tanah Menggunakan Citra DEM SRTM dan Data Geologi di Kecamatan Pejawaran Kabupaten Banjarnegara*, LAPAN, Jakarta.
- [3]. Prasetyo, E., 2011, *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*, ANDI, Yogyakarta.
- [4]. Amante, J.C. dan Fonseca, M.J., 2012, *Fuzzy Color Space Segmentation to Identify the Same Dominant Colors as Users*, in Proc. DMS, pp.48-53.
- [5] Munir, R., 2004, *Pengolahan Citra Digital*, Informatika, Bandung.
- [6] Bagus, B.P. dan Cahyono, A.B., 2010, *Studi Tentang Identifikasi Longsor Menggunakan Citra Landsat dan Aster (Studi Kasus: Kabupaten Jember)*, Jurnal, ITS, Surabaya.
- [7] Biswajeet, P dan Lee, S., 2009, *Landslide Risk Analysis Using Artificial Neuron Network Model Focussing on Different Training Sites*, Jurnal, International Journal of Physical Sciences Vol. 4 (1), pp. 001-015, Januari, 2009.
- [8] Suyanto, 2014, *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning, Learning Revisi Kedua*, Informatika, Bandung.
- [9] Siang, J.J, 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*, ANDI, Yogyakarta.
- [10] Ardian, J. N., Sukojo, B., dan Sari, I.L., 2011, *Pemetaan Daerah Rawan Longsor Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis*, Jurnal, ITS, Surabaya.
- [11] Firdauzi, A.K., 2005, *Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pembuatan Peta Rawan Bencana Tanah Longsor (Studi Kasus: Kabupaten Situbondo)*, Teknik Geomatika, ITS, Surabaya.
- [12] Sandra, 2006, *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pendugaan Mutu Mangga Segar secara Non-Destruktif*. Jurnal Teknologi Pertanian. Vol. 6 No. 1 66-72, Universitas Andalas, Padang.